

無線規格 WiMAX メッシュモードにおける待ち時間アルゴリズムの改善に関する研究

李 三童

指導教員：田 学軍

1 はじめに

WiMAX は無線による超高速通信を可能にする技術であり、無線ブロードバンドを実現できた。近年、機動性と高速性の両方を兼ね備える WiMAX は、移動中に IP テレビを見たり、オンラインでマルチメディアを楽しんだりできるようになり、防災や医療など、地域の新しい公共サービスへの活用も進んでいるところである。WiMAX のネットワークボロジは、PMP モードとメッシュモードがある。メッシュモードにおいて、無線ノード間で衝突せずに共通チャンネルリソース (Transmission Opportunities) を予約するため、MAC 層の制御メッセージが用いられている。各ノードが公平にチャンネルを予約するため、メカニズム EBT (Election based Transmission Timing) を定義された。しかし、従来の手法とした EBT は、静的な Holdoff アルゴリズムを使用しているため、各ノードの状態とそのノードの隣接競争ノードの数の変化に対して適応性が低い。また、無駄な待ち時間が発生したり、競争時間が伸びたりすることによりスループットが低下する。本研究は EBT メカニズムに基づく MSH - DSCH (mesh distributed scheduling) に焦点を当て、現時点の送信ノードの状態と隣接競争ノードの数による最適な待ち時間を動的に設定できる待ち時間アルゴリズムを提案する。シミュレーションは NS2 を利用し、従来の手法と比較して、スループットを向上する効果を検証する。

2 従来の手法と問題点

従来の手法 EBT には、以下の問題点がある。

- ノード数の変化に伴う適応性が低い
- ノードの状態を考慮せずに、送信チャンネルの利用率が低い

制御局がない環境では、各ノードはブロードキャストで 2 ホップ以内にある隣接ノードの情報を把握し、送信後に静的な待ち時間を待たなければ、次の送信を開始できない。静的な待ち時間を使用するため、ノード数が少ない場合、送信チャンネルの利用率が低くなり、スループットが低下する。ノード数が多い場合、送信権の競争が激しくて、送信できない状況が頻繁に発生し、スループットが低下する。また、公平性にも影響を与える。

3 提案手法 DHSN

上記で示した従来の手法の問題点を解決することができるために DHSN (State and Competitor Neighbor based Distributed Scheduling) を提案する。それらの問題点を解決するには動的に競争の資格を持つ隣接ノード数を観察し、現在のノードの状態と合わせて適切な待ち時間を設定する必要がある。現在ノードは送受信しているかどうかにより状態を判断して、重み係数を算出する。そして現在のノードの状態及び競争の資格を持つ隣接ノード数によって最適な待ち時間を持つことができる。そのようにして高スループットを得る。

3.1 ノードの分類と重み係数の算出

データを送受信するため、3 ウェイハンドシェイクというメカニズムを使用されている。要求者からのリクエスト情報

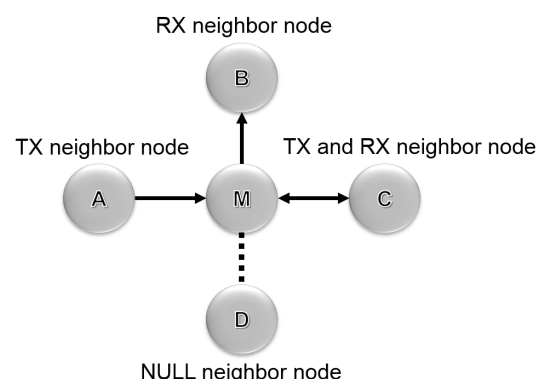


図1 隣接区域にあるノードの分類

(request)、許可者からのグラント情報 (grant) 及び要求者からの確認情報 (confirmation) という三つの要素から構成され、その特徴を利用し、ノードの状態を判断できる。図1で示すように、隣接ノードを四つの種類に分類し、ノードMの隣接ノードの種類の数により、ノードMが式(1)で自分の状態を判断する。

$$Weight = tx_exist * 1 + rx_exist * 2 \quad (1)$$

重み係数 Weight の値の範囲は 0~3 であり、現在ノードが送受信する必要があるデータの量によってノードの状態 (忙しさ) を判断することができる。

3.2 競争隣接ノードの抽出

EBT では、ノードが次の通信チャンネルを予約する際に、 $txmt$ (臨時次回送信時間) を設定し、擬似ランダム選挙プログラムを実行する。擬似ランダム値を算出し、1 番大きい値を持つノードが該当チャンネルを予約できる。もし現在のノードの擬似ランダム値が 1 番大きい値でなければ、 $txmt$ が 1 を足して、もう一回プログラムを実行し、予約できるまで繰り返す。最後に、ノードが予約できた情報をブロードキャストする。

その中に、競争資格を持つノードは、下に示すように

- $nxmt$ 間隔は $txmt$ を含む隣接ノード
- $esxmt$ は $txmt$ より小さいあるいは等しい隣接ノード
- 送信したことがないあるいは $nxmt$ が未知である隣接ノード

そのようなノードをすべて抽出し、CN 関数として統計する。

3.3 DHSN

本研究では DHSN (The Dynamic Holdoff Algorithm Based on Node State and Competing Neighbors) を提案しました。以下に DHSN のアルゴリズムを示す。

1. 隣接ノード分類表を作り、隣接ノードを 4 つの種に分類し、 $weight$ 関数を常に更新する。
2. 自分の送信時間になると、隣接ノードリストから競争資格を持つノードを抽出し、 cn 関数を更新する。
3. 上記の 2 つの情報を利用して、最適な待ち時間を動的に計算する。

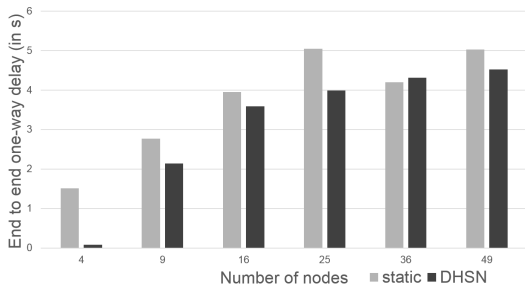


図2 e2e 平均遅延

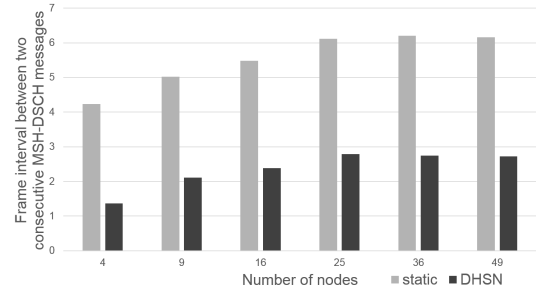


図3 連続の2つの MSH-DSCH の間のフレーム間隔

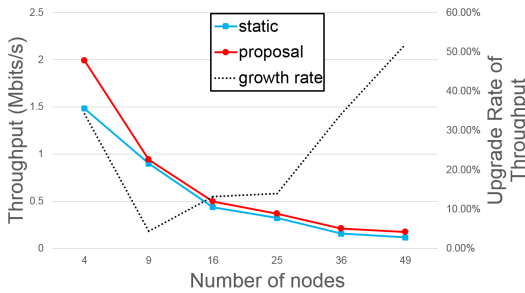


図4 e2e 平均スループット

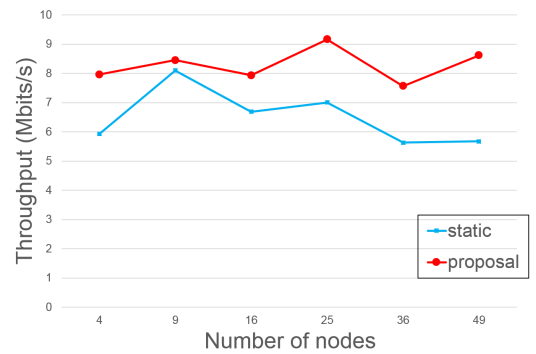


図5 トータルスループット

公式 (1) (2) で示されている。

$$H = 2^{(\log_2 + \text{weight}^{cn})+2} \quad N \leq 9 \quad (2)$$

$$H = 2^{(\log_2 + \text{weight}^{cn})+1} \quad N > 9 \quad (3)$$

N はトータルノード数であり、 weight は重み係数であり、 cn は競争隣接ノードの数である。トータルノード数が少ない場合は、できるだけ早く競争に戻ることによってチャンネルの利用率が上がることができる。トータルノード数が多い場合は、トラフィックの量が多い方がより待ち時間を短く設定できる。そのように動的に最適な待ち時間を計算して調整することによって、DHSN はスループットと公平性を改善することができる。

4 シミュレーション結果と考察

図2で示すように、ノード数が少ない時、DHSNにより未使用の通信チャンネルを減少するため、遅延が大幅に減少することができる。また、ノード数の増加に伴い、DHSNによりノード状態を正確に判断するため、遅延の増加が緩い。

より短いフレーム間隔は制御チャンネルの利用率が高いと意味している。図3で示すように、DHSNのフレーム間隔は全体的に短い。

図4で表示されたe2e平均スループットにより、DHSNは全体的に従来の手法より上回っている。破線はスループットの増加率が表れ、ノード数の少ない時と多い時において、性能が大幅に向上できた。

最後に図5が表示されるように、トータルスループットが全体的に上回っている。従来の手法より滑らかになり、ノード数の少ない時と多い時に、性能が劣化していないことを実現できたことが判明した。

5 おわりに

本研究では、IEEE802.16d メッシュモードにおける DHSN を提案した。従来の手法と比較し、DHSN がノードの状態を正確に判断することができるに伴い、隣接競争ノードの数も推測することができた。その2つの要素を利用し、最適な待ち時間を動的に算出し、ノードに割り当てることができる。シミュレーション結果は、スループットが全体的に上回っていることが表れている。ノード数が少ない場合、チャンネルの利用率が増加するため、スループットが向上することができた。ノード数が多い場合、ノード状態の判断により、スループットも公平性も向上できたことが判明した。

参考文献

- [1] Nico, B., Bangnan, X. Veselin, R., et al.: *Improving the Performance of the Distributed Scheduler in IEEE 802.16 Mesh Networks*, 2007 IEEE 65th Vehicular Technology Conference - VTC2007-Spring (2007).
- [2] Min, C., Wenchao, M. and Qian, Z., et al.: *Modelling and Performance Analysis of the Distributed Scheduler in IEEE 802.16 Mesh Mode*, Mobile and Ad Hoc Networking and Computing (2007).
- [3] Bong, C.K., Dong, G.K., Heecheol, S., et al.: *An adaptive holdoff algorithm based on node state for IEEE 802.16 mesh mode with coordinated distributed scheduling*, 2008 IEEE 19th International Symposium on Personal (2008).
- [4] Sara, L., Hossein, G., Mahmood, F., et al.: *A Neighbor-based Holdoff Reduction Scheme for Distributed Scheduling in Wireless Mesh Networks*, 2010 IEEE 6th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (2010).